

Johannes Ruohola

# Taajuusmuuttajien rakentaminen

etäkäyttölaitteiston

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikan KO

Insinöörityö

15.12.2015

Tekijä(t) Otsikko	Johannes Ruohola Taajuusmuuttajien etäkäyttölaitteiston rakentaminen
Sivumäärä Aika	33 sivua 15.12.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Kappaletavara-automaatio
Ohjaaja(t)	Technical support specialist, Insinööri, Lauri Järvinen Lehtori Kai Virta
<p>Insinööritöiden tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa ABB Oy:n taajuusmuuttajien tekniselle tuelle etäkäyttölaitteisto. Laitteiston keskeisenä komponenttina tuli olemaan NETA-21 etävalvontamoduuli. Moduuliin liitettiin useita erilaisia taajuusmuuttajia. Moduulin ja taajuusmuuttajien välisissä liittymäissä käytettiin hyväksi eri kenttäväyläprotokollia.</p> <p>Työssä haasteellista oli suunnitteluvaiheessa tarvittavien laitteiden ja ratkaisujen päättäminen, sillä laitteet pitää tilata ja saada ennen rakentamisen aloittamista. Haastavaa on myös rakentamisvaiheessa ilmenneiden ongelmien ratkaisu sekä laitteiston pitäminen helppokäyttöisenä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin etäkäyttölaitteisto, joka on helppokäyttöinen. Laitteistoon pystyy ottamaan yhteyden ympäri maailmaa yrityksen tietokoneilla. Laitteiston kehitystyö tulee jatkumaan, ja uusien versioiden julkaisujen yhteydessä myös laitteita tullaan päivittämään. Laitteistolla pyritään parantamaan teknisen tuen työntekijöiden etätyöskentelymahdollisuuksia, kouluttaa käyttäjiä etäkäyttöön liittyvissä asioissa sekä luoda puitteet kommunikaatio-ongelmien nopealle testaukselle useilla eri laitteilla.</p>	
Avainsanat	NETA-21, etäkäyttö, taajuusmuuttaja

Author(s) Title	Johannes Ruohola Building of remote setup for frequency converters
Number of Pages Date	33 pages 15 December 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	Discrete Automation
Instructor(s)	Lauri Järvinen, Technical support specialist, B.Eng. Kai Virta, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis was to plan and build a remote setup for frequency converters technical support team of ABB Oy. Main component of this setup was NETA-21 remote monitoring module. Several different frequency converters were connected to NETA-21 module. Different fieldbus protocols were used to connect frequency converters to module.</p> <p>During planning it was challenging to decide required devices and solutions because it is required to order and acquire devices before building of setup can be started. It was also challenging to solve problems that come up during building setup and meanwhile maintaining easiness to use.</p> <p>As a result of the thesis a remote setup, which is easy to use, was created. With a company computer it is possible to connect and setup from across the world. The development of the setup will be ongoing and devices need to be updated when new versions are being released. Setup is meant to improve the possibility of remote working for the technical support team, educate users about things related to remote connections and make it possible to test communication problems quickly with several different devices.</p>	
Keywords	NETA-21, remote monitoring, frequency converter

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	ABB Oy	2
3	NETA-21-etävalvontamoduuli	3
3.1	DDCS-kenttäväyläprotokolla	4
3.2	Paneeliväylä ja Modbus RTU	5
3.3	Ethernet-liitäntä	7
4	Etäkäyttölaitteiston suunnittelu	8
4.1	Tarve	8
4.2	Laitteiston rungon valinta	9
4.3	Taajuusmuuttajien valinta	10
4.4	Moottoreiden valinta	11
4.5	Apujännitelähteiden valinta	11
4.6	Kommunikointiprotokollien valinta	12
4.7	Laitteiden mekaaninen sijoitus	14
5	Laitteiston rakentaminen	15
5.1	Moottoritaso	15
5.2	Taajuusmuuttajien kiinnitys	16
5.3	Ohjauskaapin rakentaminen	18
5.3.1	Jäähdytys	18
5.3.2	Kaapin sisäinen elektroniikka ja johdotus	20
5.3.3	Apujännitelähteiden liittimet	22
5.4	Pääkytkimen rakentaminen	23
5.5	Syöttökaapelit	23
5.6	Moottorikaapelit	24
5.7	Korttitason kiinnitys	25
5.8	Ohjauskortit	26
5.9	Laitteiston maadoitus	26
5.10	Kenttäväyläkaapelointi	27
5.11	Valmis laitteisto	29
6	Päätelmät	31

7	Laitteiston tulevat laajennukset
---	----------------------------------

32
----

Lähteet
---------

33
----

## Lyhenteet

CCU-12	ACS580 ohjauskortti. Ohjauskortti on taajuusmuuttajan osa, jossa sijaitsee käyttäjäsovellus sekä -liittynät.
DC	Direct current. Tasavirta.
DDCS	Distributed Drives Control System. ABB:n kehittämä optinen kenttäväyläprotokolla.
HCS	Hard-clad silica, lasiytiminen valokuitu. Ydin yleensä halkaisijaltaan noin 200 µm.
I/O	Input/Output, tulot ja lähdöt.
Naselli	Tuuliturbiinin osa, joka sisältää konehuoneen.
Panelbus	ABB:n kehittämä RS485 pohjainen paneeliväylä.
PLC	Programmable logic controller. Logiikka, jota käytetään automaatioprosessien ohjauksessa.
POF	Plastic optical fiber, muoviytiminen valokuitu. Ydin yleensä halkaisijaltaan 1000 µm luokkaa.
Profinet	Teollisuus ethernet-kenttäväylä.
RS-485	Sarjaliikenneväylä.
SD	Secure Digital. Muistikortti, jota käytetään yleisesti pienielektronikassa.
S/FTP	Shielded / Foilded twisted pair cable. Suojattu / folioitu kierretty parikaapeli, Jokainen pari on erikseen suojattu, toinen suojakerros kaikkien parien ympärillä.
ZCU-12	ACS880 ohjauskortti. Ohjauskortti on taajuusmuuttajan osa, jossa sijaitsee käyttäjäsovellus sekä -liittynät.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään ABB Oy, Drives and Controls Pitäjänmäen taajuusmuuttajatehtaalle testauslaboratorioon. Työssä tarkoituksena on suunnitella, rakentaa ja käyttöönottaa etäkäyttölaitteisto taajuusmuuttajien sekä niiden kommunikoinnin testausta varten. Laitteiston on tarkoitus mahdollistaa teknisen tuen etätyöskentely sekä kasvattaa teknisen tuen henkilöiden ymmärrystä etäkäyttöön liittyvissä asioissa. Tämän lisäksi laitteistoa voi käyttää hyväksi uuden henkilöstön koulutuksessa sekä toteutusesimerkkinä asiakasrajapinnassa.

Opinnäytetyö rakentuu ABB:n NETA-21-etäkäyttömoduulin ympärille. Ennen laitteiston suunnitteluvaihetta työssä perehdytään yleisellä tasolla etäkäyttömoduuliin sekä sen liityntämahdollisuuksiin ja ominaisuuksiin. Suunnitteluvaiheessa kartoitetaan lähinnä projektin laajuutta sekä suunnitellaan ja mitoitetaan muutamia ongelmakohtia. Yksittäisten ratkaisujen löytäminen ongelmiin on jätetty rakennusvaiheeseen. Parhaiden ratkaisujen löytämiseksi rakennusvaiheen aikana konsultoitiin laajasti eri alueiden osaajia säännöllisin väliajoin. Lopuksi käsitellään projektille tulevia jatkokehitysmahdollisuuksia, joista osa on otettu huomioon jo opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa. Logiikka ja ohjelman rakentaminen on rajattu pois opinnäytetyöstä aiheen laajuuden vuoksi.

Opinnäytetyö tehdään läheisessä yhteistyössä etäkäyttömoduulin tuotepäällikön ja tuotekehityksen kanssa. Myös käytettyjen taajuusmuuttajamallien tuotepäälliköt ovat läheisesti mukana projektissa. Tällä pyritään takaamaan projektin sujuvuus mahdollisimman hyvin ja ongelmien nopea ratkaiseminen. Tarkoituksena on myös taata laitteiston valmistuminen helppokäyttöiseksi kokonaisuudeksi.

## 2 ABB Oy

ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, joka työllistää 140 000 henkilöä noin sadassa maassa. Liikevaihto vuonna 2014 oli noin 36,7 miljardia euroa. Yhtiö muodostui 1988, kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdistyivät. ABB:n historia ulottuu kuitenkin noin 125 vuoden päähän. Pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. [1; 2.]

ABB:n liiketoiminta koostuu viidestä divisioonasta, jotka jakautuvat asiakassegmenttien ja teollisuudenalojen mukaan:

- Process Automation; ohjausjärjestelmä-, mittalaite- ja turboahdinosasto
- Low Voltage Products; katkaisijat, liittimet ja mittarit
- Discrete Automation and Motion; taajuusmuuttajat, ohjelmoitavat logiikat, sähkömoottorit ja generaattorit sekä robotit
- Power Systems; sähkönsiirto ja voimantuotanto
- Power Products; muuntajat sekä suur- ja keskijännitetuotteet. [1; 3.]

Suomessa ABB työllistää noin 5200 henkilöä 21 eri paikkakunnalla. Tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa. Suomessa ABB on yksi suurimmista teollisuuden työnantajista. Liikevaihto on noin 2,1 miljardia euroa ja vuonna 2014 tutkimukseen ja tuotekehitykseen on panostettu 204 miljoonaa euroa. [4; 5.]

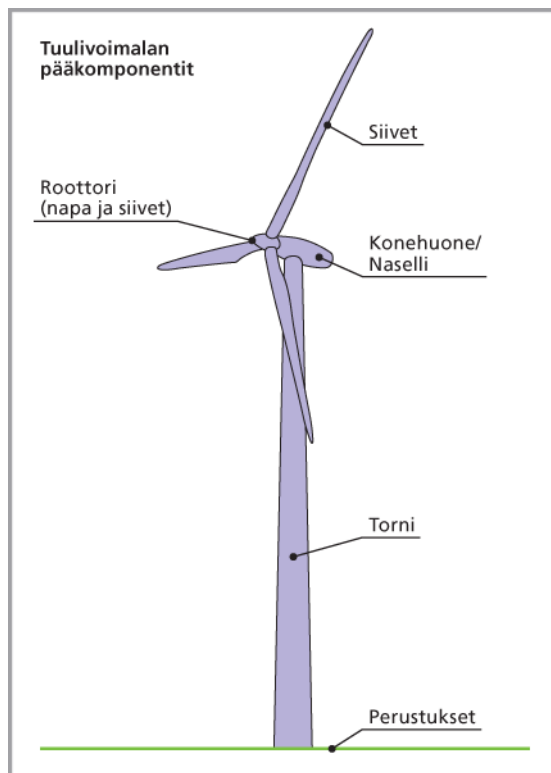
ABB:n historia Suomessa sai alkunsa vuonna 1889, kun Gottfrid Strömberg ryhtyi yrittäjäksi. Alkuun tuotteina oli sähkögeneraattoreita. Valikoimaan lisättiin pian myös sähkömoottorit ja muuntajat. 1930-luvulla tuotanto siirtyi Sörnäisistä Pitäjänmäen teollisuusalueelle. 1976 ensimmäinen vaihtovirtakäyttö oli valmis markkinoille. Vuonna 1986 Asea osti Strömbergin ja kaksi vuotta myöhemmin syntyi nykyinen ABB. [5.]



### 3 NETA-21-etävalvontamoduuli

NETA-21 on ABB:n taajuusmuuttajille suunnittelema etävalvontamoduuli. NETA-21:ssä on sisäänrakennettu web-palvelin. Useimmat web-selaimet ovat tuettuna kuten esimerkiksi Google Chrome, Mozilla Firefox ja Internet Explorer. Etävalvonta onnistuu myös tabletin ja älypuhelimien välityksellä. Käyttöliittymän käytettävyys on optimoitu vain tietokoneelle, joten käytettävyys mobiililaitteilla saattaa olla hieman heikompi. [6; 7.]

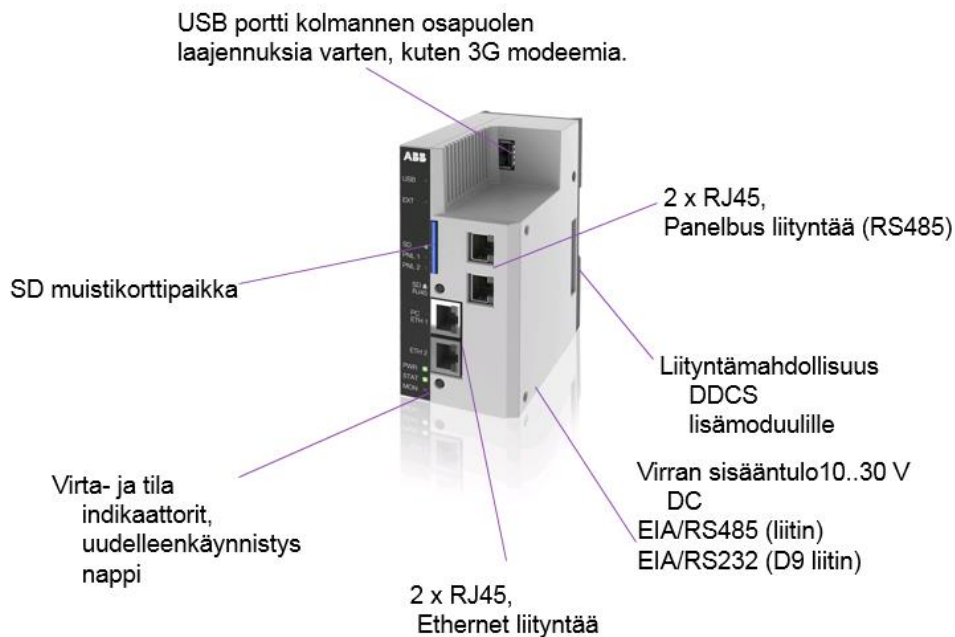
Moduulia käytetään usein paikoissa, joihin ihmisen on hankala päästä pitkän etäisyyden tai vaarallisen ympäristön johdosta. Tämän vuoksi moduuli onkin yleisessä käytössä esimerkiksi tuulivoimaloissa. Moduulilla pystytään välttämään ihmisen tarve kiivetä tuuliturbiinin naselliin (kuva 1.) tekemään ohjelmallisia muutoksia tai selvittämään mahdollisen vikatilanteen syytä. Myös aurinkovoimalat saattavat sijaita usein kaukana asutuksesta, joten etävalvonta vähentää tarvetta käydä paikanpäällä. On mahdollista säästää huolto- ja ylläpitokustannuksista, kun vikatilanteiden selvitys ja ohjelmalliset muutokset pystytään tekemään etänä. [7.]



Kuva 1. Tuuliturbiinin rakenne

Moduuli tarjoaa monipuoliset liityntämahdollisuudet taajuusmuuttajille sekä paikallisille käyttäjille (kuva 2):

- kaksi RJ-45 porttia RS485 pohjaista paneeliväylää varten
- kaksi RJ-45 porttia Ethernet liityntää varten
- yksi RS-485 liityntämahdollisuus Modbus RTU kenttäväylälle
- yksi RS-232 liityntämahdollisuus D9 liittimellä. [6.]

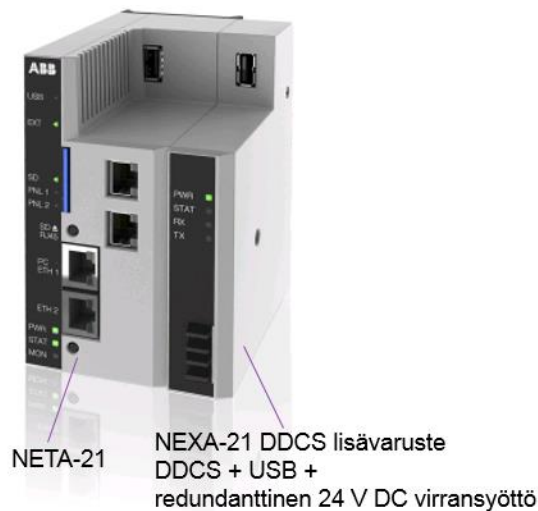


Kuva 2. NETA-21-moduuli ja sen liityntämahdollisuudet [6]

### 3.1 DDCS-kenttäväyläprotokolla

DDCS on ABB:n kehittämä optinen kenttäväyläprotokolla. DDCS-väylä on tuettuna ABB:n teollisuustaajuusmuuttajissa, kuten ACS800:ssa. Sähköiset häiriöt eivät pääse vaikuttamaan optiseen signaaliin, joten DDCS-väylä soveltuu käytettäväksi myös erittäin häiriöisessä ympäristössä. Protokolla on testattu ja tuettu POF- sekä HCS-optisilla kuiduilla. POF-kuituja käytettäessä väylän suurin sallittu pituus on 30 metriä ja HCS-kuiduilla 200 metriä. [8.]

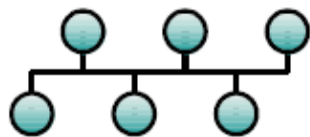
Moduulissa ei ole sisäänrakennettua DDCS-liitäntää. DDCS-kommunikointia varten tarvitaan NEXA-21:n laajennus (kuva 3). NEXA-21 tarjoaa DDCS-väylätuen lisäksi yhden ylimääräisen USB-portin sekä mahdollisuuden syöttää 24 V DC apujännitteitä etävalvontamoduuli yhdistelmään kahdesta paikasta. [6.]



Kuva 3. NETA-21:n ja NEXA-21:n laajennus [6]

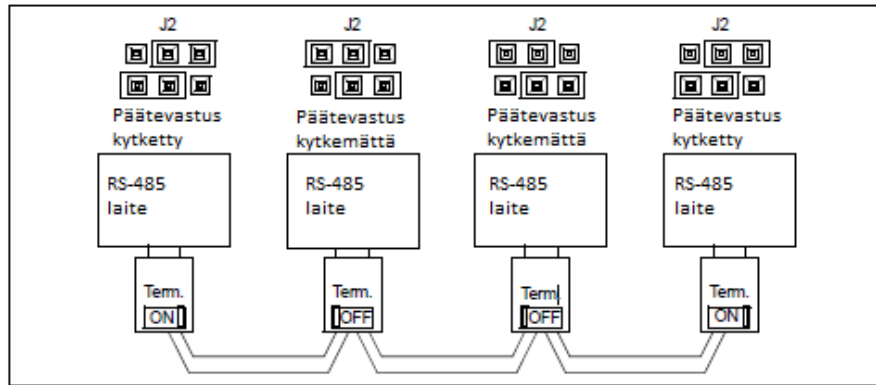
### 3.2 Paneeliväylä ja Modbus RTU

Sekä paneeliväylä että Modbus RTU ovat RS-485-pohjaisia sarjaväyliä. RS-485 tukee vain väylätopologiaa (kuva 4.). Jokainen laite sarjaväylässä on elektroninen kuorma, joka rasittaa väylää. RS-485-standardin mukaisesti maksimilaitemäärä väylällä on 32 laitetta. NETA-21 tukee 32 laitetta Modbus RTU väylässä ja 10 laitetta paneeliväylässä. [6; 8.]



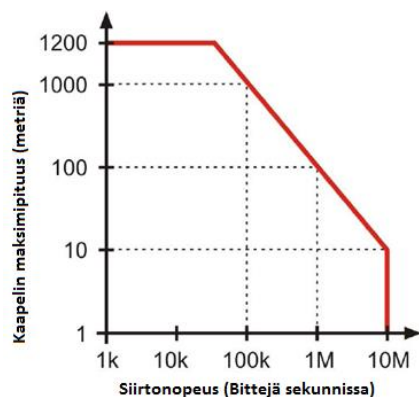
Kuva 4. RS-485-väylätopologia

RS-485-väylässä tulee aina kytkeä 120 ohmin päätevastukset väylän pätyihin estämään heijastuksia väylässä. ABB:n taajuusmuuttajissa ja etäkäyttömoduulissa on sisäänrakennettuna päätevastukset, jotka voidaan tarvittaessa aktivoida (kuva 5). [8.]



Kuva 5. RS-485-väylän pätyihin pitää kytkeä päätevastukset [6]

Tuettu väylänpituus riippuu halutusta siirtonopeudesta (kuva 6.). Pienentämällä siirtonopeutta saadaan kasvatettua väylänpituutta. Tyypillisesti ABB:n taajuusmuuttajat tukevat Modbus RTU:lla maksimissaan 115,2 kilobittiä sekunnissa nopeutta, joten väylällä saa olla maksimissaan noin 1000 metriä pituutta. Paneeliväylä tukee 230,4 kilobittiä sekunnissa nopeutta, joten suurempaa nopeutta käyttäessä sallittu väylänpituus on hieman lyhempi kuin Modbus RTU-väylässä. Kaikkien väylässä olevien laitteiden siirtonopeus tulee asettaa samaan arvoon. [8.]



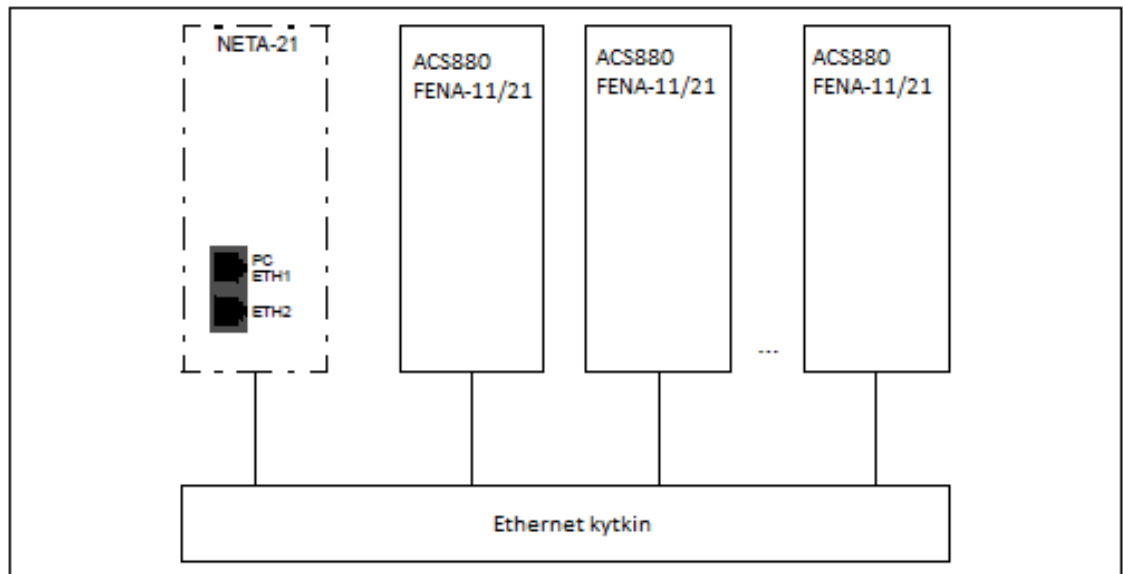
Kuva 6. RS-485-väylän maksimipituus on riippuvainen halutusta siirtonopeudesta

ACS380-, ACS580- ja ACS880-taajuusmuuttajien kanssa voidaan käyttää paneeliväylää. Paneeliväylä on yleisesti käytössä taajuusmuuttajan ohjauskortin ja ohjauspaneelin välissä. Paneeliväylä on ABB:n kehittämä RS-485-pohjainen sarjaväyläprotokolla. Paneeliväylässä käytetään RJ-45-liitintä. On suositeltavaa käyttää suojattua CAT 5e Ethernet -kaapelia, tai parempaa, kun käytetään paneeliväylää. [9.]

### 3.3 Ethernet-liitäntä

Etäkäyttömoduulin kaksi Ethernet-porttia ovat käyttäjän vapaasti konfiguroitavissa. Portteja voi käyttää moduulin kytkemiseen ulkopuoliseen verkkoon tai vaihtoehtoisesti taajuusmuuttajien kytkemiseen moduulille. Taajuusmuuttajan voi kytkeä Ethernet-porttiin Modbus TCP -protokollaa apuna käyttäen. [6.]

ACS880-taajuusmuuttajat voidaan kytkeä etäkäyttömoduulin Ethernet-portteihin niiden omalla työkaluverkkoprotokollallaan. Työkaluverkkoa on mahdollista käyttää samassa Ethernet-kaapelissa, jossa kulkee kenttäväylä eivätkä ne häiritse toisiaan. ACS880-taajuusmuuttaja tarvitsee FENA-11- tai FENA-21-kenttäväyläsovittimen kytkeytyäkseen NETA-21:n työkaluverkon välityksellä (kuva 7). [6 ; 8.]



Kuva 7. ACS880-taajuusmuuttaja työkaluverkossa [6]

## 4 Etäkäyttölaitteiston suunnittelu

Testilaitteiston suunnittelussa on tarkoitus saada mitoitettua pääpiirteittäin testilaitteiston avainkomponentit kuten taajuusmuuttajat, etäkäyttömoduuli, kommunikointiprotokolla, sulakkeet, moottorit ja apujännitelähteet. Alkusuunnittelu ja komponenttien valinta on tärkeää tehdä heti alussa, jotta tarvittavat komponentit saadaan tilattua ja toimitettua ajoissa. Osalla komponenteista toimitusaika voi venyä useampiin viikkoihin, sillä ne tulevat Suomen ulkopuolelta.

Suunnittelussa keskitytään lähinnä suurimpiin ongelmiin ja mitoitukseen, kun yksittäisten ongelmien ratkaiseminen on jätetty rakennusvaiheeseen.

### 4.1 Tarve

Tarve etäkäyttölaitteistolle syntyi vuoden 2015 alussa, kun teknisen tuen ja kenttähuoltotiimin yhteisessä palaverissa sovittiin etätyöskentely mahdollisuuksista. Etätyöskentely onnistuu hyvin, mikäli asiakasongelmiin löytyi ratkaisu ilman testaamista oikeilla laitteilla. Ongelmaksi muodostui vaikeampien asiakasongelmien ratkaiseminen etänä.

Teknisessä tuessa on ratkaisevaa pysyä ajan tasalla laitteiden ja teknologian tietämyksessä. On olemassa tarve kouluttautua jatkuvasti uusiin laitteisiin ja ratkaisuihin. Tämän vuoksi myös tiimin sisäinen tiedonjakaminen on erittäin tärkeää. Etäkäyttö testilaitteistossa olisi potentiaalia toimia apuvälineenä myös teknisen tuen kouluttamisessa etäkäyttö- sekä logiikkapuolella.

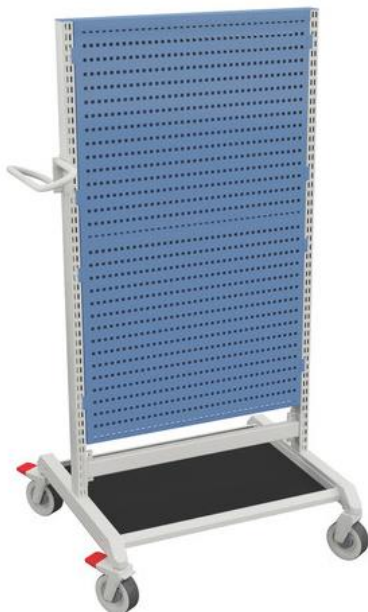
Laitteistolla on mahdollista testata nopeasti kommunikaatio-ongelmia useammalla laitteella. Toistaiseksi ongelman ratkaisua varten joutuu usein rakentamaan testilaitteiston ongelman testausta varten. Laitteiston rakentaminen voi viedä useampia tunteja. Valmiilla laitteistolla, josta löytyy monipuolisesti erilaisia laitteita, voi ohittaa testilaitteiston rakentamisvaiheen ja siirtyä suoraan ratkaisemaan varsinaista ongelmaa.

#### 4.2 Laitteiston rungon valinta

Opinnäytetyön tilaaja halusi laitteistosta pyörillä liikkuvan kokonaisuuden, jotta sen sijaintia olisi helppo vaihtaa tarvittaessa. Tärkeää on myös laitteiston vakaus ja kestävyys. Etenkin rungon fyysiseen kestävyyteen pitää kiinnittää huomiota laitteiston rungon valinnassa, sillä moottorit ja taajuusmuuttajat tekevät laitteistosta painavan.

Vaatimukset täyttävä runko löytyi Trestonilta. Yleisvaunut ovat vapaasti muokattavissa ja liikkuvat halkaisijaltaan 125 mm:n pyörillä. Vaunun kaikki neljä pyörää ovat kääntyviä ja kaksi niistä on jarrullisia. Vaunun rungon kantavuus on 300 kg. Runkoon voi vapaasti lisäillä erilaisia reikälevyseinä ja tasoja. [10.]

Yleisvaunuun hankittiin kaksi tasoa kumimatoilla; yksi taso moottoreille vaunun alaosaan ja toinen taso testivaunun päälle ohjauskortteja varten. Testivaunun päälle ei ole tarkoitettu asennettavaksi tasoa, joten kiinnitykset tälle tasolle joudutaan rakentamaan itse. Tasojen kantavuus on 150 kg. Kumimaton tarkoitus alatasolla on vaimentaa moottorien aiheuttamaa tärinää. Yleisvaunuun hankittiin myös reikälevyseinät molemmille puolille taajuusmuuttajia, etäkäyttömoduulia ja muun elektroniikan kiinnitystä varten (kuva 8). [10.]



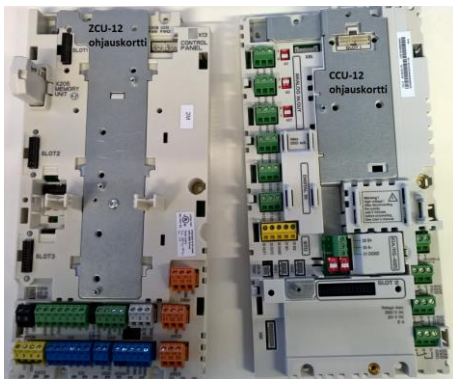
Kuva 8. Trestonin yleisvaunu ilman ylätasoa [10]

### 4.3 Taajuusmuuttajien valinta

Taajuusmuuttajien valinnassa suosittiin uudemman sukupolven taajuusmuuttajia. Syitä uusien laitteiden suosimiseen on muun muassa: asiakkaat tarvitsevat enemmän tukea uudempien tuotteiden kanssa, sillä asiakkailla on yleensä vuosien kokemus vanhoista tuotteista. Laitteiston elinkaari saadaan myös pidemmäksi, kun valitaan uusia laitteita. Laitteistossa oli myös rajallinen määrä asennustilaa, joten kaikki erilaiset taajuusmuuttajat eivät olisi siihen mahtuneet. Lopputuloksen päädyttiin valitsemaan:

- ACS355 aurinkopaneeleilta syötettävä taajuusmuuttaja
- ACS380 koneenrakennukseen suunnattu taajuusmuuttaja
- ACS850 koneenrakennukseen suunnattu taajuusmuuttaja
- ACSM1 paikoitustaajuusmuuttaja
- ACS580 vakiotaajuusmuuttaja
- ACS880 teollisuustaajuusmuuttaja
- ACS800 teollisuustaajuusmuuttaja.

Valitut laitteet kattavat melko laajasti ABB:n pienjännitetaajuusmuuttajat, joiden kanssa voidaan käyttää NETA-21-moduulia. Taajuusmuuttajien lisäksi valittiin ACS580- ja ACS880-laitteiden ohjauskortteja (kuva 9). Ohjauskorteilla pystytään testaamaan mahdollisia kommunikaatio-ongelmia useammalla laitteella. Ohjauskortilla voidaan tehdä samat asiat kuin kokonaisella taajuusmuuttajalla poislukien sähkötehon muuttamista mekaaniseksi tehoksi. Kommunikaatio-ongelmia on käytännöllisempää testata ohjauskorteilla, sillä ne vievät vähemmän tilaa.



Kuva 9. Vasemmalla ACS880-ohjauskortti ZCU-12 ja oikealla ACS580-ohjauskortti CCU-12



#### 4.4 Moottoreiden valinta

Moottorit haluttiin fyysiseltä kooltaan pieniksi, jotta niitä mahtuisi mahdollisimman monta laitteistoon. Moottorien nimellisvirta pitäisi kuitenkin olla lähellä taajuusmuuttajien nimellisvirtaa.

ABB:n alumiinimoottorit osoittautuivat hyväksi vaihtoehdoksi niiden ollessa kevyitä ja hinnaltaan erittäin kilpailukykyisiä. Moottorinvalinnassa päädyttiin 0,18 kW:n alumiinimoottoreihin, sillä samanlaisia moottoreita käytetään yleisesti laboratoriossa olevien laitteiden kanssa. Etäkäyttölaitteistossa olisi käynyt myös hieman pienempi, 0,12 kW:n moottori, mutta on tärkeää pitää yhteinen linja muiden laitteistojen kanssa yhteensopivuuden vuoksi. Moottori oli fyysiseltä kooltaan pieni ja nimellisvirraltaan sopivan kokoinen kaikille valituille taajuusmuuttajille.

#### 4.5 Apujännitelähteiden valinta

ACS880- ja ACS580-taajuusmuuttajien ohjauskortit ZCU-12 ja CCU-12 kuluttavat korkeintaan 2 A korttia kohden 24 V DC syötöstä. Projektiin oli suunnitteilla viisitoista kappaletta ZCU-12-ohjauskortteja sekä viisi kappaletta CCU-12-ohjauskortteja. 40 ampeerin virtalähde olisi fyysiseltä kooltaan liian suurikokoinen, joten ohjauskorttien todellinen virrankulutus päätettiin mitata ennen apujännitelähteen valintaa. [11; 12.]

Mittauksissa osoittautui ZCU-12-ohjauskortin kuluttavan noin 300 mA sähköä 24 V DC teholahteesta. Myös CCU-12-ohjauskortit kuluttavat mittausten mukaan noin 300 mA sähköä. Ethernet- sekä Profibus-kenttäväyläsovittimet kasvattivat virrankulutusta noin 100 mA:lla. Taajuusmuuttajan sisäänrakennetun Modbus RTU -väylän aktivointi kasvatti virrankulutusta noin 50 mA:lla. Ohjauspaneelin kytkeminen ohjauskorttiin kasvatti virrankulutusta 100 mA:lla. I/O-kytkentöjen virrankulutuksia ei mitattu, sillä I/O-kytkentöjä ei ole suunnitteilla ohjauskortteihin. Ohjauskortteihin on suunnitteilla pääsääntöisesti vain yksi kenttäväyläsovitin ja sisäänrakennetun Modbus RTU -väylän käyttö. Paneelia tullaan käyttämään vain epäsäännöllisesti käyttöönottovaiheessa, joten sen kulutusta ei tarvinnut huomioida. Mittausten perusteella yksi ohjauskortti kuluttaa keskimäärin 450 mA.

Kahdellekymmenelle ohjauskortille riittää 10 A:n virtalähde, mutta kulutus olisi koko ajan lähellä virtalähteen syöttökykyä. Tämän lisäksi tulisi huomioida myös laitteiston laajennettavuus tulevaisuudessa. On mahdollista, että myöhemmin projektissa tulee lisää ohjauskortteja tai muita laitteita, jotka tarvitsevat apujännitteitä.

Ohjauskortteja varten päätettiin hankkia 20 A:n virtalähde, joten siinä on puolet kapasiteetista käyttämättä laajennuksia varten. NETA-21-etäkäyttömoduulille haluttiin oma virtalähde. Tähän tarkoitukseen riittää hyvin 3 A:n virtalähde. Erilliset virtalähteet takaavat etäkäytön ja logiikan pysymisen toimintakunnossa, vaikka ohjauskortteja syöttävälle virtalähteelle tulisi toimintahäiriöitä. Pienemmästä virtalähteestä otetaan myös ohjauskotelon puhaltimien toimintajännitteet. Erilliset virtalähteet myös mahdollistavat paremmin kaikkien ohjauskorttien jännitteiden poiskytkemisen ja uudelleenkäynnistykset häiritsemättä muiden apujännitteitä käyttävien laitteiden toimintaa. Kommunikaatio-ongelmia testatessa usein on tarpeen katkoa ohjauskorttien sähköä, jotta voidaan tarkastella, miten laitteet käyttäytyvät, kun ne katoavat ja nousevat uudelleen kenttäväylälle.

#### 4.6 Kommunikointiprotokollien valinta

Pääsääntöiseksi kommunikointiprotokollaksi valittiin Modbus RTU. Kyseessä oli ainoa protokolla, johon jokaisesta valitusta taajuusmuuttajasta löytyi tuki. Osassa taajuusmuuttajista löytyi Modbus RTU-tuki sisäänrakennettuna. Sisäänrakennettu tuki poistaa ulkoisen kenttäväyläsovittimen hankkimisen tarpeen. ACS800-taajuusmuuttaja tukee Modbus RTU-protokollaa maksimissaan 19,2 kilobittiä sekunnissa siirtonopeudella. Muut valitut taajuusmuuttajat tukevat Modbus RTU-väylää jopa 115,2 kilobittiä sekunnissa siirtonopeudella. ACS800 päätettiin jättää pois Modbus RTU-väylästä, koska väylän siirtonopeudeksi haluttiin 115,2 kilobittiä sekunnissa nopean kommunikoinnin takaamiseksi. [13; 14.]

DDCS-kenttäväylä päätettiin ottaa käyttöön ACS800-taajuusmuuttajaa varten. DDCS-väylällä siirtonopeudeksi NETA-21:n ja ACS800-taajuusmuuttajan välille saadaan asetettua 1 megabitti sekunnissa. [6.]

Kaikille taajuusmuuttajille sekä ohjauskortteille, joihin oli mahdollista, päätettiin tehdä Profinet-kaapelointi valmiiksi tulevia laajennuksia varten. Tämän lisäksi Profinet-

kenttäväyläsovitin päätettiin hankkia kaikkiin taajuusmuuttajiin, joissa oli avoin paikka sovittimelle.

Kenttäväyliä varten oli tärkeää suunnitella valmiiksi myös laitteiden osoitteistukset eri väylille. Osoitteistuksessa suunniteltiin saman laitteen osoitteeksi aina sama, väylästä riippumatta. Taulukko 1 selvittää laitteiden osoitteistusta eri kenttäväylillä.

Taulukko 1. Laitteiden kenttäväyläosoiteistus

Laitetyyppi	Laitteen nimi	Modbus osoite	Profinet nimi	IP osoite	Paneeliväylä osoite
<b>Taajuusmuuttajat</b>					
ACS355 Solar	ACS355_Solar	2	FENA02	192.168.0.2	-
ACS380	ACS380	3	FENA03	192.168.0.3	-
ACS850	ACS850	4	FENA04	192.168.0.4	-
ACSM1	ACSM1	5	FENA05	192.168.0.5	-
ACS580	ACS580	6	FENA06	192.168.0.6	-
ACS880	ACS880	7	FENA07	192.168.0.7	-
ACS800	ACS800	-	RETA08	192.168.0.8	-
<b>Ohjauskortit</b>					
ZCU12	STUB_10	10	FENA10	192.168.0.10	10
ZCU12	STUB_11	11	FENA11	192.168.0.11	11
ZCU12	STUB_12	12	FENA12	192.168.0.12	12
ZCU12	STUB_13	13	FENA13	192.168.0.13	13
ZCU12	STUB_14	14	FENA14	192.168.0.14	14
ZCU12	STUB_15	15	FENA15	192.168.0.15	15
ZCU12	STUB_16	16	FENA16	192.168.0.16	16
ZCU12	STUB_17	17	FENA17	192.168.0.17	17
ZCU12	STUB_18	18	FENA18	192.168.0.18	18
ZCU12	STUB_19	19	FENA19	192.168.0.19	19
ZCU12	STUB_20	20	FENA20	192.168.0.20	-
ZCU12	STUB_21	21	FENA21	192.168.0.21	-
ZCU12	STUB_22	22	FENA22	192.168.0.22	-
ZCU12	STUB_23	23	FENA23	192.168.0.23	-
ZCU12	STUB_24	24	FENA24	192.168.0.24	-
CCU12	STUB_25	25	FENA25	192.168.0.25	25
CCU12	STUB_26	26	FENA26	192.168.0.26	26
CCU12	STUB_27	27	FENA27	192.168.0.27	27
CCU12	STUB_28	28	FENA28	192.168.0.28	28
CCU12	STUB_29	29	FENA29	192.168.0.29	29

#### 4.7 Laitteiden mekaaninen sijoitus

Laitteiden mekaanisesta sijoitusta suunnitellessa piti ottaa huomioon, kuinka paljon ilmatilaa erilaiset taajuusmuuttajat vaativat jäähtyäkseen. Ilmatila laitteiden välissä ei ole pakollinen muille kuin ACS800:lle. Uudemmat laitteet vaativat pelkästään vapaan ilmatilan laitteiden ylä- ja alapuolelle. [13; 15.]

Painopisteen saaminen mahdollisimman alas tekee laitteistosta tukevamman. Tämän vuoksi painavimmat laitteet pyritään sijoittamaan mahdollisimman alas. Moottorit tullaan sijoittamaan alatasolle sekä taajuusmuuttajat testiseinän alalevyille.

Ylälevylle tulee ohjauskaappi, joka sisältää elektroniikkaa kuten releitä, apujännitelähteet, sulakkeet ja kytkimet. Ylälevylle on myös tarkoitus sijoittaa etävalvontamoduuli. Käytettävyyden vuoksi moduuli sijoitetaan ulos ohjauskaapista. Toinen ylälevyistä tulee jäämään tyhjäksi tulevia laajennuksia varten.

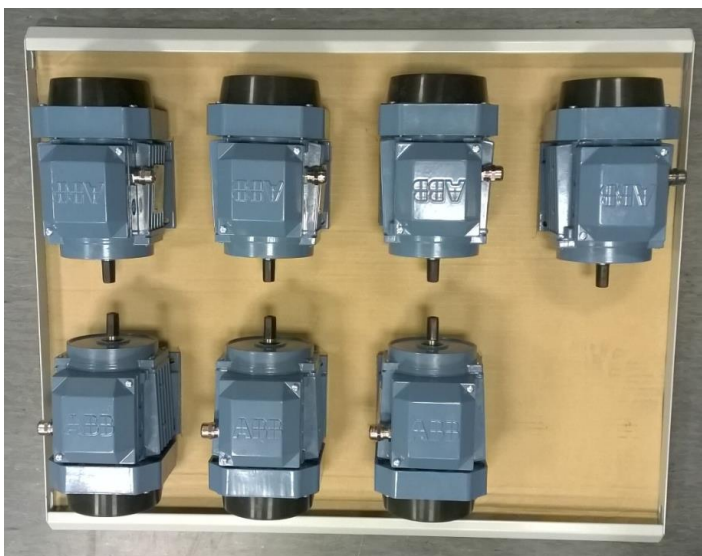
Ohjauskortit sijoitetaan erilliselle tasolle laitteiston päälle. Ohjauskorttitasolle ei tule suurta mekaanista räsytystä, sillä ohjauskortit eivät ole painavia. Ohjauskorttien määrä tasolla saattaa vaihdella hieman, tästä syystä tasolle saattaa tulla enemmän painoa toiselle sivulle, joka aiheuttaa kallistumista. Kallistuminen pyritään estämään tukemalla tasoa sivultapäin.

## 5 Laitteiston rakentaminen

Laitteiston rakentamisessa on tärkeä huomioida, että yksittäisten laitteiden elinkaaren pituudet vaihtelevat suuresti. Kiinnitykset tulisi tehdä niin, että yksittäiset laitteet ovat helposti vaihdettavissa uusiin, korvaaviin, malleihin tarvittaessa. On mahdollista, että laitteiston elinkaaren aikana osa käytetyistä oikosulkumoottoreista tulee vaihtumaan toisenlaisiksi moottoreiksi kuten kestromagneettimoottoreiksi tai synkronireluktanssimoottoreiksi. On todennäköistä että laitteiston taajuusmuuttajat tulevat vuosien varrella vaihtumaan uudempiin tuotteisiin niiden tullessa markkinoille.

### 5.1 Moottoritaso

Moottoreita haluttiin asettaa alatasolle mahdollisimman tiiviisti, kuitenkin niin että akselit olisivat toisiaan vasten. Akselit haluttiin vastakkain, jotta moottorien akseleille olisi mahdollista tehdä yksi yhtenäinen kosketussuoja. Moottoreita mahtuu järkevästi kahdeksan kappaletta alatasolle, neljä molemmin puolin. Moottorit asetettiin pienen välimatkan päähän toisistaan, jotta moottorien kiinnittäminen ja kaapelointi sujuisi vaivatta. Taajuusmuuttajia on vain seitsemän kappaletta, joten yksi moottoripaikka jää vapaaksi myöhempää tarvetta varten. Moottorien paikat piirrettiin moottorin kiinnitysrei'istä läpi pahvilevyyn, josta oli myöhemmin helppo porata reiät alata-son ja kumimaton läpi. (kuva 10).



Kuva 10. Moottorien asettelu pahvilevyllä

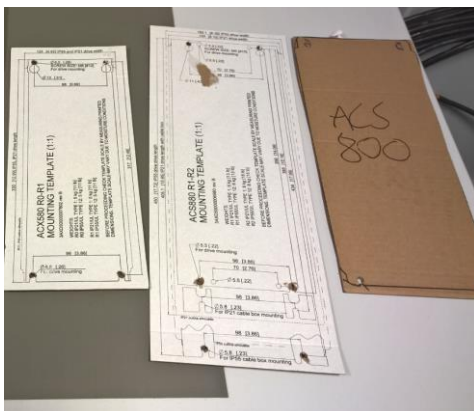
Jokainen moottori kiinnitettiin kumimatolliseen alatasoon neljällä M6-pultilla. Moottorit painoivat 5 kg kappaleelta, joten moottorien yhteispainoksi tuli 35 kg. Täydellä kahdeksan moottorin kokoonpanolla alatasolla olisi 40 kg painoa, kun tason kestävyys on 150 kg. Alataso kiinnitettiin lopuksi yleisvaunun runkoon kiinni (kuva 11). [10.]



Kuva 11. Alataso kiinnitettynä yleisvaunun runkoon

## 5.2 Taajuusmuuttajien kiinnitys

Uudempien taajuusmuuttajien pakkauksissa löytyi valmiina pahvimalleja taajuusmuuttajien kiinnitysreikien poraamista varten. Pahvimallit osoittautuivat niin hyödyllisiksi, että myös vanhemmasta ACS800-taajuusmuuttajasta päätettiin tehdä samanlainen (kuva 12).



Kuva 12. Pahvimalleja taajuusmuuttajien kiinnityspisteiden poraamista varten

Reikälevyt olivat irrotettavissa laitteiston rungosta nostamalla, joten ne oli helppo siirtää työtasolle laitteiden kiinnittämistä varten (kuva 13). Kiinnityksessä päätettiin käyttää hyväksi mahdollisimman paljon valmiita reikiä, jotta poraamisen määrää saatiin vähennettyä. Taajuusmuuttajat kiinnitettiin levyihin neljällä M6-pultilla. Kiinnityksen jälkeen valmis levy oli helppo nostaa takaisin laitteiston runkoon kiinni.



Kuva 13. Reikälevy työtasolla

Laitteiden fyysiset koot erosivat huomattavasti toisistaan, sillä pienimmät laitteet olivat tarkoitettu kaappiin asennettaviksi ja suuremmat seinälle asennettaviksi. Kaappiin asennettavissa laitteissa ei tarvitse suunnitella yhtä paljon käyttäjän turvallisuutta ajatellen, sillä kaappi toimii kosketussuojana. Teollisuustaajuusmuuttajat olivat kooltaan suurimpia.

Asennuksessa päädyttiin lopputulokseen, jossa kolme seinälle asennettavaa taajuusmuuttajaa ACS800, ACS880 ja ACS580 tulevat toiselle puolelle. Neljä kaapitettavaksi tarkoitettua taajuusmuuttajaa: ACS355, ACS380, ACS850 ja ACSM1 tulee toiselle puolelle laitteistoa. Kaikki taajuusmuuttajat asennettiin laitteiston alalevyihin.

### 5.3 Ohjauskaapin rakentaminen

Ohjauskaapin rakentaminen oli iso urakka, sillä muovikoteloon piti tehdä muokkauksia, jotta se olisi tarpeeseen sopiva. Kaapista päätettiin aluksi poistaa kaikki irtaimisto, kuten kaapin ovi ja pohjalevy. Irtaimisto otettiin pois, jotta kaappia olisi helpompi käsitellä ja muokata. Mikäli kaappi asennettaisiin vaakatasoon, avautuisi kaapin ovi joko ylös tai alaspäin. Ylöspäin avautuessa käyttäjä joutuisi kokoajan kannattelemaan ovea, jotta se ei sulkeutuisi. Alaspäin avautuessa oven paino olisi koko ajan saranoiden varassa, ja ne luultavasti menisivät rikki ajan kuluessa. Tämän takia kaappi päätettiin asennettavaksi pystyasentoon, jolloin kaapin ovi avautuisi sivulle päin. Pystyasennossa kaappia varten tarvittiin tilaa sekä ylä- että alalevyltä (kuva 14). Kiinnitysreiät porattiin kaapille heti alkuun, jotta sulakkeet, apujännitteet ja muu elektroniikka voitaisiin johdottaa työpöydällä ja lopuksi nostaa valmis kaappi paikoilleen.



Kuva 14. Kaappi asennettiin pystyyn.

#### 5.3.1 Jäähdytys

Riittävän jäähdytyksen takaamiseksi kaappiin asennettiin kaksi puhallinta. Alaosaan puhallin, joka imisi ilmaa sisään ja yläosaan puhallin, joka puhaltaisi ilmaa ulos. Yläosan puhallin tulisi olla apujännitelähteiden vieressä, jotta niistä tuleva kuuma ilma saadaan pois kaapista. Erillistä ilmanohjauslevyjä ei nähty tarpeelliseksi näin pienessä kaapissa, sillä ilman ei uskottu alkavan kiertää kaapin sisällä. Pienimuotoisen ilman kiertämisen ei



uskottu myöskään haittaavan, kun kuuma ilma saadaan kuitenkin puhallettua suoraan ulos.

Alapuhaltimeen tarvitsi hyvän pölynsuojan, jotta elektroniikkaan ei imupuolelta pääsisi pölyä sisälle. Yläpuhaltimeen ei olisi tarvinnut pölysuojaa laitteiston toiminnan aikana, koska kaapista ulos puhallettava ilma on puhdasta. Toisaalta mahdollisten sähkökatkosten tai laitteiston siirtämisen aikana puhaltimet eivät ole päällä, joten yläpuhaltimeen oli kannattavaa laittaa pölysuoja. Lopputuloksena yläpuhaltimeen ja alapuhaltimeen asennettiin erilaiset pölysuodattimet (kuva 15).



Kuva 15. Vasemmalla alapuhallin ja oikealla yläpuhallin

Puhaltimia varten piti kaappiin tehdä reiät niitä varten. Yläpuhallinta varten riitti pyöreä, 120 mm rasiaporalla tehty reikä. Alapuhaltimen suodatin vaati neliön muotoisen reiän, joka toteutettiin puukkosahalla ja hiomalla lopputulos Dremelillä (kuva 16).



Kuva 16. Koteloon leikattu reikä hiottiin Dremelillä

Puhaltimien on tarkoitus pyöriä koko ajan. Puhaltimien pyörimisnopeus on 3000 kierrosta minuutissa, joten suojaamattomina niiden lavat voivat asettaa käyttäjän alttiiksi loukkaantumiselle. Puhaltimiin asennettiin metalliset kosketussuojat kaapin sisälle, jotta henkilövahinkoja ei pääsisi tapahtumaan (kuva 17).



Kuva 17. Puhaltimen metallinen kosketussuoja

### 5.3.2 Kaapin sisäinen elektroniikka ja johdotus

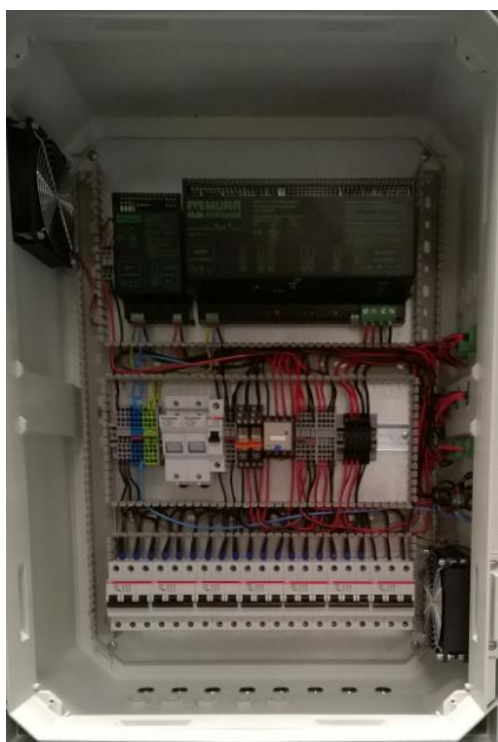
Metalliseen pohjalevyyn asennettiin kolme DIN-kiskoa vaakasuunnassa. Kiskojen väliin asennettiin johtokourua, jotta johdot pysyisivät siistissä järjestyksessä (kuva 18). Myös pystysuunnassa asennettiin kourut molemmille puolille. Oikean puoleinen pystykouru on tarkoitettu vain pienoisjännite johdoille. Vasemmanpuoleinen pystykouru on pienjännite johdoille. Jaottelulla pyritään selvyteen johdotuksessa, samalla myös estetään pienjännitteen indusoitumista pienoisjännite puolelle.

Ylimmälle kiskolle tulee apujännitelähteet, sillä niistä nouseva kuuma ilma halutaan puhaltaa pois. Automaattikatkaisijat sijoitetaan alimmalle kiskolle, sillä johtojen läpiviennit sijaitsevat kaapin alaosassa. Keskimmäiselle kiskolle sijoitetaan riviliittimiä, releitä ja apujännitelähteitä syöttävä sulake.

Tasavirtasulakkeiden pesät kestävät 690 V jännitteen ja niiden sisällä on 10 A putkisulakkeet. ACS880 syöttää välipiirin noin 560 V tasajännitteen sulakkeille, josta jännite ohjataan ACS355:lle. ACS355:sta syötetään tasajännitteellä normaalin syötön sijaan, koska siinä on asennettuna sovellusohjelma. Sovellusohjelmassa on tarkoitus syöttää taajuusmuuttajaa suoraan aurinkopaneeleilta. Taajuusmuuttaja lähtee itsestään ohjaamaan moottoria, kun aurinkopaneeleiden jännite nousee tarpeeksi korkealle. [16.]

Johdotuksessa käytetty sininen johdin tarkoittaa aina pienjännitteen nollajohdinta. Punainen johdin tarkoittaa aina 24 V:n plusjohdinta. Keltavihreä tarkoittaa maadoitusjohdinta. Mustaa väriä käytettiin ilmaisemaan pienjännitteen vaihejohdinta sekä 24 V:n miinusjohdinta. Johdotuksessa käytettiin yleisesti 1,5 mm johtimia, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Syötölle tarkoitetulta riviliittimiltä tarvitsi johdottaa 2,5 mm:n johtimella sulakkeille, sillä laitteiston varokkeeksi oli valittu 16 A:n sulake.

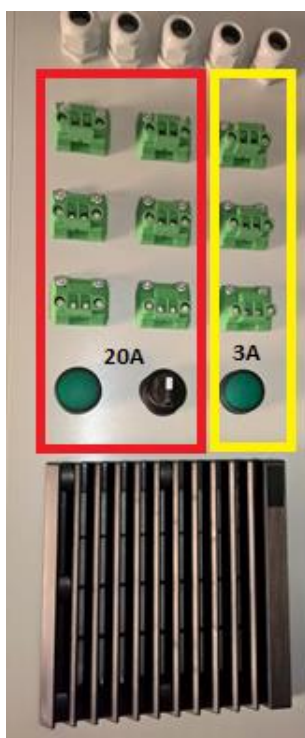
Apujännitelähteen 20 A:n syöttökyvyn takia kaapelointi olisi pitänyt tehdä johtimilla, joiden poikkipinta-ala on 4 mm. Käytännössä näin paksujen johtimien kanssa olisi ollut mahdoton jatkaa 24 V:n syöttöä kaapin ulkopuolisille liittimille. Ratkaisuna löytyivät riviliittimet, joihin saa sisälle asetettua sulakkeen. 20 A:n jännitelähteestä johdotettiin riviliittimille 4 mm johtimilla ja riviliittimien sisään asetettiin 10 A:n lasiputkisulakkeet. 10 A:n sulakkeiden ansiosta riviliittimiltä sai johdottaa 1,5 mm:n johtimilla. Ulkopuolella olevista ohjaukskortteille tarkoitetuista liittimet on jaettu erillisten 10 A:n sulakkeiden syöttäviksi. Releillä saatiin toteutettua kytkentä, jossa merkkilamppu kertoo myös sulakkeen palamisesta.



Kuva 18. Kaapin sisäinen elektronikka

### 5.3.3 Apujännitelähteiden liittimet

Mahdollisimman paljon toimintoja pyrittiin tuomaan kaapin ulkopuolelle, sillä kaapin sisällä on katkaisijoissa 400 V:n jännite. Kaapin kylkeen, alapuhaltimen yläpuolelle, tehtiin paikka 24 V:n DC-liittimille (kuva 19). Liittimet aseteltiin kolmen riveihin. Vasemmalla on kuusi liitintä, joita syöttää 20 A:n apujännitelähde. Vasemmalla olevat liittimet on tarkoitettu ohjauskorttien virransyöttöä varten. Oikeanpuoleiset liittimet syötetään pienemmästä, kolmen ampeerin apujännitelähteestä. Kummallekin alueelle on oma merkkilamppunsa ilmaisemassa liittimien jännitteellisyttä. Ohjauskortteja syöttävällä alueella on tämän lisäksi kytkin, jolla saadaan kaikki kuusi liitintä jännitteettömiksi tarvittaessa. Yksittäisen liittimen voi irrottaa pohjaosioistaan vetämällä, jolloin liittimessä oleva laite saatetaan jännitteettömäksi. Tämä on erittäin hyödyllinen ominaisuus, jos yksittäisiä laitteita tarvitsee uudelleen käynnistää. Liittimien yläpuolelle tehtiin mahdollisia tulevia laajennuksia varten viisi kaapelin läpivientireikää.



Kuva 19. 24 V DC-liittimet kaapin ulkopuolella



kaapeloitiin 3x1,5 mm<sup>2</sup> kumikaapelilla. ACS850- ja ACSM1-laitteissa ei nähty tarvetta vedonpoistolle, sillä niiden syöttöliittimet olivat suoraan kaapelikourussa kiinni. Muille laitteille tehtiin normaalit vedonpoistot.



Kuva 21. Taajuusmuuttajien syöttökaapelointi

## 5.6 Moottorikaapelit

Moottoreissa oli PG-9-läpiviennit, joka rajoitti läpi menevän kaapelin halkaisijan korkeintaan 8,5 mm. Tämä loi hieman haasteita, sillä läpiviennistä ei mahtunut normaali 1,5 mm<sup>2</sup> johtimia sisältävä kaapeli. Moottorin paksuun metallikuoreen olisi ollut haastavaa tehdä suurempaa aukkoa, jotta erilaisia läpivientejä olisi voitu käyttää. Moottorit olivat pienikokoisia, kuormittamattomia sekä moottoreiden etäisyys taajuusmuuttajista lyhyt, joten päädyttiin käyttämään suojaamatonta kaapelia. Johtimien poikkipinta-ala oli 0,75 mm<sup>2</sup>. Moottorit kytkettiin kolmiokytkentään (kuva 22).

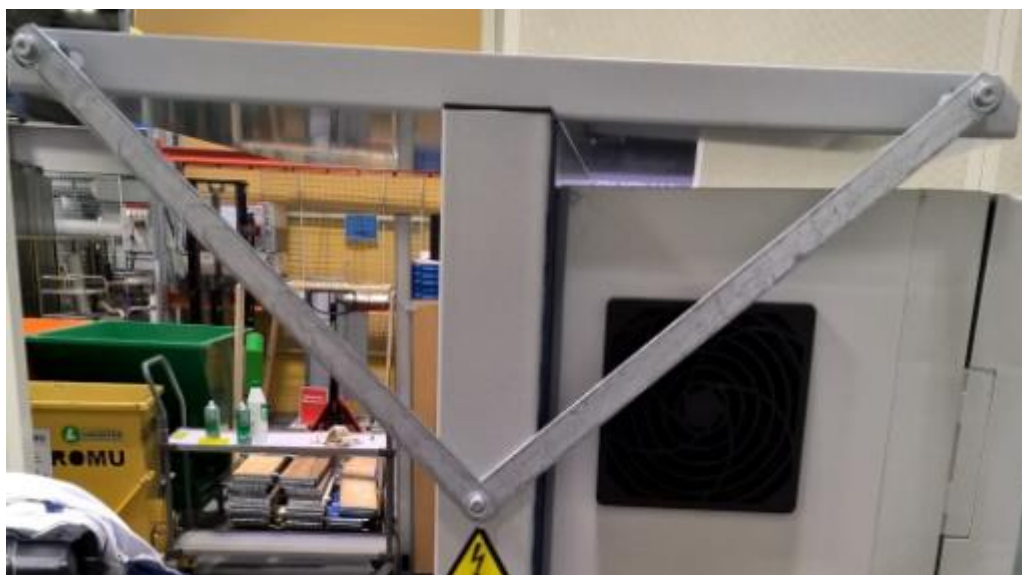


Kuva 22. Moottorit kytkettiin kolmiokytkentään

## 5.7 Korttitason kiinnitys

Korttitason ja laitteiston rungon välissä on rautalevy, johon korttitaso kiinnitettiin kuudella leveäkantisella pop-niitillä. Rautalevy kiinnitettiin laitteiston runkoon kahdella ruuvilla. Rautalevy asennettiin laitteiston rungon ja korttitason väliin, jotta korttitaso voitaisiin irrottaa laitteistosta helposti.

Korttitason sivuille tehtiin myös tukiraudat molemmille puolille (kuva 23). Tukirautojen pääsääntöinen tarkoitus on estää korttitason kallistuminen. Tukiraudat kiinnitettiin laitteiston runkoon noin 45 asteen kulmaan. Tason ja tukirautojen väliin tarvitsi 35 mm korotuksen, sillä laitteiston runko oli ulompana kuin korttitaso. Korotuksessa käytettiin 35 mm M6-korotuspilaria. Runkoon piti porata kierteet koneruuvia varten, sillä tolpan sisälle olisi ollut mahdotonta saada mutteria.

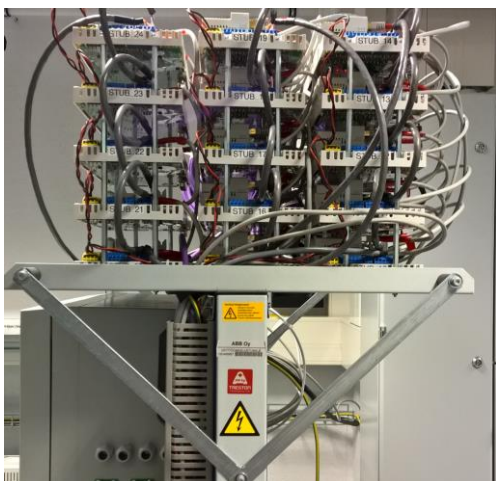


Kuva 23. Korttitason kallistumisen estämiseksi asennettiin tukiraudat.



## 5.8 Ohjauskortit

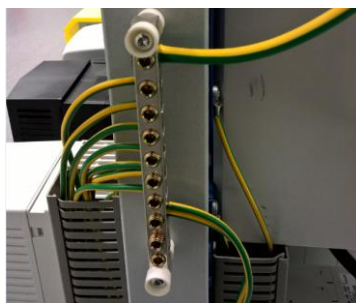
Ohjauskortit kasattiin päällekkäin, viiden ohjauskortin pinoihin (kuva 24). Ohjauskortit kiinnitettiin toisiinsa metallisilla korotuspilareilla neljästä kulmasta, jotta rakenne olisi tukeva. Metallisien korotuspilareiden korkeus valittiin niin suureksi, että välissä oleville ohjauskorteille olisi tarvittaessa mahdollista lisätä tai vaihtaa kenttäväyläsovitin.



Kuva 24. Ohjauskorttien nimet merkattiin näkyville

## 5.9 Laitteiston maadoitus

Laitteistoon asennettiin potentiaalintasauskisko, josta laitteisto maadoitettiin laboratorion potentiaalintasauskiskoon keltavihreällä 16 mm<sup>2</sup>:n kuparijohtimella. Laitteiston rungon kaikki osat maadoitettiin potentiaalintasauskiskoon keltavihreällä 6 mm<sup>2</sup>:n johtimella (kuva 25). Reikälevyjen, rungon tolppien sekä tasojen maalipinnat piti hioa pois, jotta maadoitus oli mahdollista tehdä.



Kuva 25. Laitteiston rungon osat maadoitettiin potentiaalintasauskiskoon



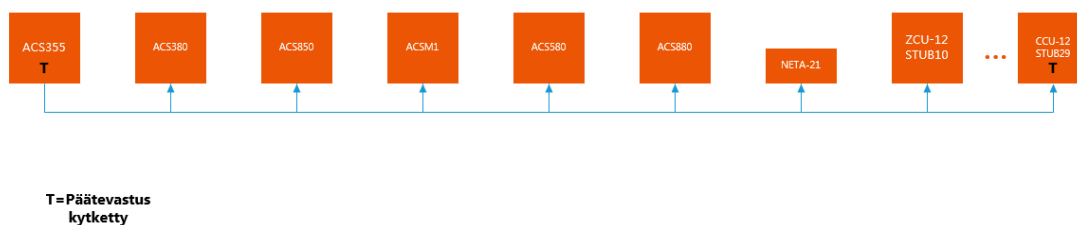
### 5.10 Kenttäväyläkaapelointi

Modbus-kaapelina käytettiin Beldenin 9842-kaapelia, joka on tarkoitettu RS-485-kaapelointiin. Kaapelissa on kaksi kierrettyä parikaapelia sekä häiriönsuoja (kuva 26). Kaapelin toinen pari toimii A (-) ja B (+) signaaleina, kun toinen pari on yhteinen paluukanava, eli signaalin maataso.



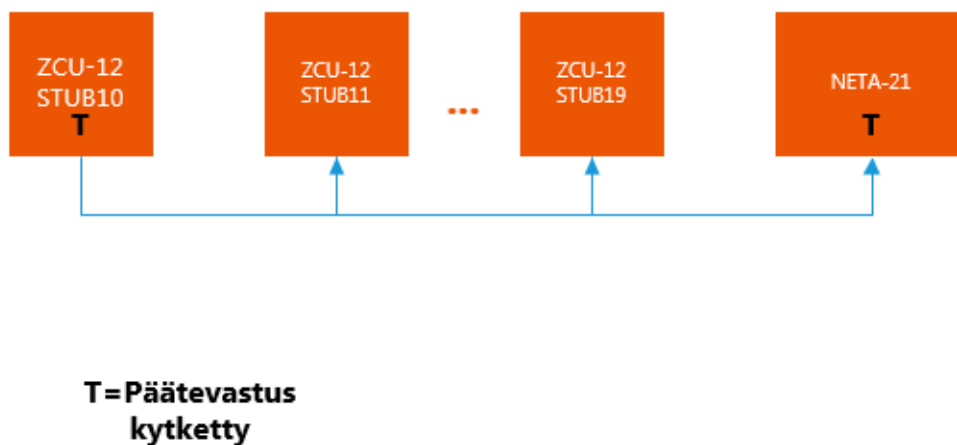
Kuva 26. Belden 9842 RS-485 -kaapeli

Modbus-kaapeloinnin päädyissä on ACS355-taajuusmuuttaja ja ACS580-ohjauskortti, STUB29 (kuva 27). Päädyissä on kytkettynä päätevastukset estämään signaalin heijastumista. NETA-21 sijaitsee väylässä keskellä. Väylätopologia mahdollistaa ohjauskorttien tai taajuusmuuttajien irti kytkemisen etävalvontamoduulista, mikäli siihen tulee tarvetta. Etävalvontamoduulin viereen asennettiin riviliittimet, joista voi helposti kytkeä irti toisen päädyn laitteet. Toimenpide vaatii moduulilta päätevastuksen kytkemistä, jotta väylään ei aiheutuisi heijastuksia.



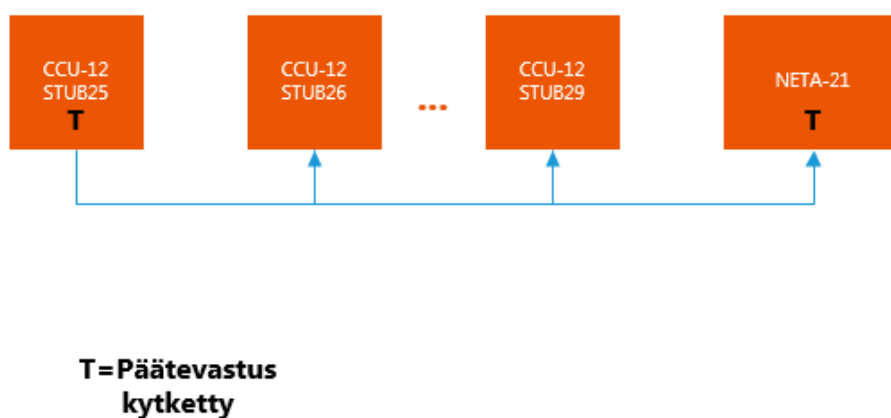
Kuva 27. Modbus RTU -väylätopologia

Paneeliväylän kaapeloinnissa käytettiin CAT 6 S/FTP Ethernet-kaapelia. Paneeliväylä liitännöitä etäkäyttö moduulissa oli kaksi kappaletta, jonka vuoksi myös paneeliväyliä toteutettiin kaksi. Paneeliväylälle ei saada kaikkia haluttuja laitteita, koska yhteen väylään saa enintään kymmenen laitetta kiinni. Paneeliväylä 1:ssä on kymmenen ACS880-ohjauskorttia (kuva 28). [6.]



Kuva 28. Paneeliväylä 1:ssä on kymmenen ACS880-ohjauskorttia

Paneeliväylä 2:n kytkettiin vain viisi ACS580-ohjauskorttia toistaiseksi (kuva 29). Väylän olisi saanut täytettyä enimmäiskapasiteettiinsa, mikäli siihen olisi kytkenyt ohjauskortit 20 – 24. Väylään haluttiin jättää tilaa myöhempiä laajennuksia varten.



Kuva 29. Paneeliväylä 2:ssa on viisi ACS580-ohjauskorttia

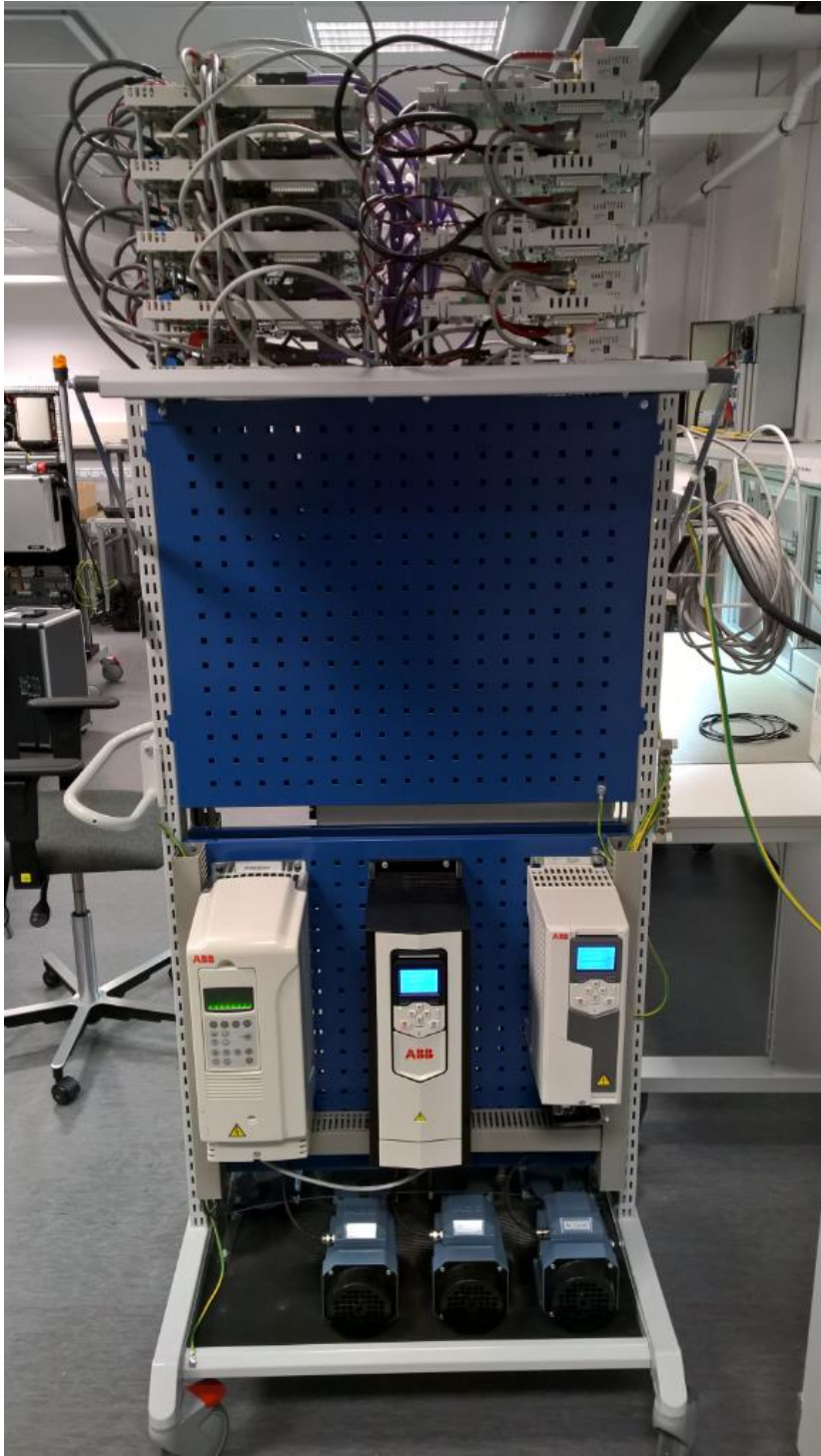
### 5.11 Valmis laitteisto

Ohjauskaapin puolelta katsottuna laitteistossa oleva vapaa tila on saatu käytettyä lähes kokonaan. Kaapelit saatiin pois näkyviltä johtokourujen sisään (kuva 30). Vasemmanpuoleinen pystykouru on tarkoitettu pienjännite kaapelointia varten. Oikeanpuoleisessa pystykourussa menee pelkkiä kenttäväylä- ja pienoisjännite kaapeleita.



Kuva 30. Toteutunut laitteisto ohjauskaapin puolelta

Laitteistoin toiselta puolelta saa paremman kokonaiskuvan ohjauskortteihin tulevien kenttäväyläkaapeliin suuren määrän (kuva 31). Ylälevy on jäänyt kokonaan tyhjäksi mahdollisia laajennuksia varten.



Kuva 31. Laitteiston toinen puoli

## 6 Päätelmät

Yhtä laitteistoa voi käyttää useampi käyttäjä samanaikaisesti. Käytännössä laitteiden käyttäjät eivät tiedä, mitä taajuusmuuttajaa toinen käyttäjä testaa. Tämä voi aiheuttaa ongelmia, mikäli käyttäjät päätyvät testaamaan samanaikaisesti samaa laitetta. On siis parempi, että käyttäjiä on laitteistolla kerrallaan yksi, ellei ole varmuutta, että samoja laitteita ei testata.

Egyptin ABB:n teknisen tuen päällikkö kiinnostui laitteistosta nähtyään sen. Hänen mielestään laitteistoja olisi hyvä tehdä useampi kappale, jotta usealla käyttäjällä olisi mahdollisuus testata ongelmia samanaikaisesti. Hän myös halusi käyttäjätunnukset laitteistoon, jotta voisi tarvittaessa testata ongelmia etänä.

Valmistunut laitteisto täydentää suunnitellusti teknisen tuen etätyöskentelymahdollisuuksia, sillä laitteistoon yhteydenottaminen ei vie kuin muutaman sekunnin. Laitteistosta tuli niin helppokäyttöinen, että sitä on tullut käytettyä myös työpisteellä ollessa.

Laitteistoa ei ole vielä esitelty laajemmalle yleisölle, mutta useat henkilöt myynnin puolelta ovat jo nähneet laitteiston ja pyytäneet lisätietoja sekä koulutusta laitteiston käyttämisestä. Toistaiseksi laitteiston käyttöoikeuksia ei ole jaettu eteenpäin, sillä laitteistoa on haluttu muokata rauhassa.

Laitteistosta on tarkoitus pitää koulutus tekniselle tuelle, jossa käsitellään laitteiston tuomia lisämahdollisuuksia etätyöskentelyyn ja kommunikaatio-ongelmien ratkaisemiseen. Koulutuksessa myös esitellään ensimmäistä kertaa valmistunut laitteisto tekniselle tuelle, jonka jälkeen koulutukseen otetaan mahdollisesti myös myyntihenkilöitä ja muita etäkäyttölaitteistosta kiinnostuneita henkilöitä.

## 7 Laitteiston tulevat laajennukset

Laitteistoon on suunnitteilla logiikkaohjelmointia, jolla voitaisiin ajaa taajuusmuuttajia Profinet-kenttäväylän yli. Ohjelmoitavalle logiikalle pitäisi rakentaa käyttöliittymä, josta käyttäjä voisi määritellä helposti, millaista testiä haluaa ajaa taajuusmuuttajilla. Käyttöliittymästä pitäisi myös nähdä graafisesti taajuusmuuttajan tilatietoja sekä muuta informaatiota. Jotta käyttäjän olisi helppo määritellä edellä mainittavat asiat, pitäisi käyttöliittymää varten asentaa kosketuspaneeli ohjauskaapin kanteen. Kosketuspaneelilta käyttäjä voisi paikallisesti ajaa laitteita. Ohjelmoitavan logiikan saa myös NETA-21:n kanssa keskustelemaan Modbus RTU -väylän avulla, joten logiikan muuttuihin on mahdollista päästä käsiksi myös etänä.

Toinen mahdollinen laajennusajatus on webkameran kiinnittäminen laitteistoon tarkkailemaan moottorien käyttäytymistä. Ajatus on varsin hyvä, sillä tämänhetkisellä laitteistolla ei käyttäjä näe visuaalisesti miten moottorit käyttäytyvät vaan käyttäjän on pakko luottaa taajuusmuuttajien antamiin tietoihin.

On myös mahdollista, että jatkossa laitteistoon tulisi liitettyä PC, jolloin onnistuisi helposti myös logiikka ohjelman muuttaminen etänä. Samalla olisi mahdollista testata etänä PC työkaluja ja taltioda taajuusmuuttajien signaaleja tarkemmin kuin NETA-21:n välityksellä.

## Lähteet

- 1 ABB-yhtymä. Verkko-dokumentti. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>>. Luettu 2.12.2015.
- 2 Key figures for year ending Dec. 31. Verkko-dokumentti. <<http://new.abb.com/about/abb-in-brief/key-figures>>. Luettu 2.12.2015.
- 3 Yksikkömme Suomessa. Verkko-dokumentti. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot>>. Luettu 2.12.2015.
- 4 ABB Suomessa. Verkko-dokumentti. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>>. Luettu 2.12.2015.
- 5 Suomalaiset juuret: Strömbergin jalanjäljillä vuodesta 1889. Verkko-dokumentti. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>>. Luettu 2.12.2015.
- 6 NETA-21 user's manual. Viitattu 5.12.2015.
- 7 Loponen, Tapio. Tuotepäällikkö, ABB Drives Oy, Keskustelu 2.12.2015.
- 8 Järvinen, Lauri. Kenttäväylä asiantuntija, ABB Drives Oy, Keskustelu 6.11.2015.
- 9 User's manual, FDPI-02 diagnostics and panel interface. Viitattu 11.11.2015.
- 10 Tuoteluettelo, ergonomiset työtilat. Treston Oy. Viitattu 9.12.2015 .
- 11 Laiteopas, ACS880-01-taajuusmuuttajat, Viitattu 3.12.2015.
- 12 Laiteopas, ACS580-01-taajuusmuuttajat , Viitattu 3.12.2015.
- 13 Laiteopas, ACS800-01-taajuusmuuttajat. Viitattu 11.12.2015.
- 14 Göös, Tommi. Tuotepäällikkö, ABB Drives Oy, Keskustelu 11.11.2015.
- 15 Jäälinoja, Seppo. Taajuusmuuttaja asiantuntija, ABB Drives Oy, Keskustelu 23.11.2015.
- 16 Supplement, ACS355 Solar pump inverter (+N827). Viitattu 18.11.2015.
- 17 IEC60204-1. Safety of machinery. 2009. Electrical equipment of machines – part 1: General requirements.

